

MAPEAMENTO TECNOLÓGICO DA UTILIZAÇÃO DA GLICERINA COPRODUTO DA PRODUÇÃO DO BIODIESEL NA REMEDIAÇÃO DE ÁREAS IMPACTADAS POR ATIVIDADES PETROLÍFERAS

Landson Soares Marques¹; Olívia Maria Cordeiro de Oliveira¹; Cristina M. Quintella¹

¹Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, BA, Brasil. (land_ufba@hotmail.com)

Rec.: 18.07.2014. Ace.: 31.03.2015

RESUMO

Acredita-se que a crescente utilização do biodiesel irá saturar o mercado com o seu principal co-produto, a glicerina. Apesar de já existirem inúmeros destinos para esse rejeito, há a necessidade de incorporar o mesmo em outras técnicas ou processos. Este trabalho tem como objetivo possibilitar uma maior compreensão acerca das tecnologias já existentes referentes à utilização da glicerina, co-produto da produção do biodiesel. O estudo analisará a evolução anual dos depósitos, a inter-relação das patentes com diferentes aplicações que envolvem a glicerina, os países que mais depositaram patentes utilizando a glicerina e o que ainda pode ser desenvolvido através do aproveitamento desse co-produto. Para tanto, realizou-se uma busca por patentes através da base *European Patent Office* (EPO), usualmente escolhida para varredura de tecnologias. As 1.233 patentes encontradas mostraram algumas das aplicações possíveis da glicerina, métodos de obtenção da mesma e como modificar algumas de suas propriedades químicas, através de reações. Apesar da glicerina já ter sido utilizada em processos de biorremediação em áreas contaminadas por poluentes orgânicos, observou-se que ainda não existe nenhuma patente depositada utilizando a glicerina como fluido de lavagem para remediação *ex situ* de solos.

Palavras chave: Glicerina. Remediação. Solo.

ABSTRACT

It is believed that the increasing use of biodiesel will saturate the market with its main co product, crude glycerin. Although there already are numerous uses for this waste, there is a quest to find new uses. This work aims increase the knowledge of the several technologies that already make use of crude glycerin. The annual evolution of deposits was analyzed, and were mapped patent applications of different processes involving glycerin, countries with patent applications, among others. The European Patent Office (EPO) was used as data source and 1,233 patents applications processed. One main application was the chemical modification through different reactions routes aiming to modify some of its chemical properties. Although glycerin has already been used in bioremediation processes of areas contaminated by organic pollutants, it was observed that there no patent applications referring the use of glycerin as a wash fluid to *ex situ* soil remediation.

Keywords: Glycerin. Remediation. Soil.

Áreas tecnológicas: Petróleo, Energia, Amboente.

INTRODUÇÃO

As intensas emissões de CO₂ oriundas da queima de combustíveis fósseis estão provocando alterações no clima global. Caso não sejam desenvolvidas novas rotas para suprir o consumo de combustíveis pela população mundial até o fim do século XXI, teremos mudanças significativas no nível dos mares, afetando todo o planeta (SCHAEFER; VICTOR, 1998). Uma das alternativas para minimizar esse problema é a utilização de biocombustíveis. No atual estágio de desenvolvimento, a utilização de energias alternativas tornou-se uma grande prioridade para o mundo, e o biodiesel na qualidade de combustível limpo e renovável, assume importância cada vez maior nessa questão (GOES et al., 2009).

A produção do biodiesel no Brasil é bastante favorecida pela localização geográfica do mesmo (BRAGA; BRAGA, 2012). Como este é um país tropical, possui amplos recursos hídricos e temperaturas médias anuais sem variações muito bruscas, na maior parte de suas regiões, ele é propício à plantação de diversas espécies vegetais que podem ser utilizadas para a produção do biodiesel (ABDALLA, 2008). A importância da produção de biocombustíveis pode se destacar em alguns fatores, tais como: uma maior independência referente ao petróleo, nova utilidade para espécies vegetais e redução na liberação de dióxido de carbono (FERREIRA et al., 2008).

O biodiesel é obtido principalmente a partir de óleos e gorduras de origem vegetal (mamona, dendê, canola, girassol, amendoim, soja e algodão) e de origem animal (sebo bovino, gordura suína) e de óleos e gorduras residuais (OGR) (OSAKI; BATALHA, 2011), e assume cada vez maior importância quando utilizado puro (B100) ou misturado ao diesel de petróleo, na geração de energia elétrica ou no transporte veicular (GOES et al., 2009).

Dentre as principais matérias-primas utilizadas para a produção do biodiesel brasileiro, a soja se destaca como principal produto, contribuindo com cerca de 78% do óleo produzido, e a previsão é de que essa situação não se modificará nos próximos anos (SOUZA; PAULILLO, 2010; CRESTANA, 2005). Essa cultura tem uma cadeia produtiva organizada e está no limite da fronteira tecnológica mundial, sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial dessa oleaginosa (GOES et al., 2009).

A principal vantagem da utilização do óleo de soja para a produção do biodiesel é que o mesmo não precisa ser submetido ao pré-tratamento de redução de ácidos graxos livres, ao contrário do óleo residual utilizado para produzir o biodiesel de OGR, gerando como co-produto a glicerina bruta de óleos residuais (FERRARI; OLIVEIRA; SCABIO, 2005).

O óleo utilizado para produzir o biodiesel contém, essencialmente, triglicerídeos, pequenas quantidades de ácidos graxos livres, fosfolipídeos, pigmentos, esteróis e tocoferóis, além de traços de algumas outras substâncias e metais (DOWD, 1996; WANG et al., 2007).

Por ser um éster derivado da combinação de óleos vegetais ou gorduras e do álcool, a reação não se processa com um rendimento de 100%. Assim, gera como co-produto principal a glicerina (QUINTELLA et al., 2009). Logo, uma elevada produção de biodiesel, estará associada a uma elevada produção de glicerina. A glicerina em geral possui três grupos hidroxilas em sua cadeia, o que faz com que a mesma mantenha fortes ligações interatômicas com água (ligações de hidrogênio), necessitando de um alto gradiente de energia para mudar o estado físico da solução (ALBA, 2009).

A crescente produção do biodiesel no Brasil aumentou o mercado de glicerina, pois em média, para cada 100 litros de biodiesel produzido geram-se 10 quilos de glicerina, o que corresponde a cerca de 10% a 12% do produto final (VASCONCELOS, 2012). Acredita-se que o mercado químico atual não terá condições de absorver tal oferta e novas aplicações deverão ser desenvolvidas (QUINTELLA et al., 2009). Com a implementação de 5% v/v de biodiesel em diesel (B5), o

consumo de biodiesel no Brasil passa a produzir entre 2,2 a 2,4 bilhões de litros, o que deverá saturar o mercado com glicerina (SALVADOR et al., 2009).

A glicerina bruta apresenta algumas impurezas que tornam esse subproduto inadequado para uso direto da indústria de cosméticos, e a sua purificação tem um custo mais elevado do que a obtenção da glicerina por outras fontes. No entanto, o seu uso sem purificação adicional barateia a sua utilização (MELO, 2011). A utilização de óleos de gorduras residuais como matéria-prima para o biodiesel, já possui viabilidade técnica comprovada em laboratório (HOCEVAR, 2005).

A glicerina bruta assim que é purificada, pode ser utilizada na produção de fármacos, xaropes, elixires, expectorantes, pomadas, plastificantes para cápsulas de medicamentos, anestésicos, antibióticos e antissépticos, como espessante e umectante ou petroquímica por meio da sua oxidação ou redução (JOHNSON; TACONI, 2007).

A contaminação de solos por hidrocarbonetos derivados de combustíveis é uma questão ambiental relevante no cenário atual. O contato direto de efluentes líquidos e resíduos sólidos no solo é a principal fonte de contaminação das águas subterrâneas, sendo as principais fontes de contaminação os vazamentos em postos de abastecimento, tubulações, tanques de estocagem e as empresas retalhistas de abastecimento (CHIARANDA, 2011). Quando o contaminante orgânico entra em contato com o solo ocorre uma variedade de efeitos físicos, químicos e biológicos (SELL, 2006). Por possuir espaços vazios o solo tem a capacidade de filtrar, reter ou liberar as substâncias presentes no óleo (SILVA, 2007). Uma maior ou menor retenção de poluente vai depender do tipo de solo, pois suas matrizes são complexas e apresentam grande afinidade química por diversos compostos (MEYER, 2011), dessa forma se faz necessário o uso de processos mais eficientes e baratos para a remoção desses contaminantes. Apesar de uma série de estudos acerca dos métodos de remediação (GHISELLI, 2001), a baixa eficiência de muitos destes revela a necessidade de desenvolver pesquisas inovadoras que aprimorem as técnicas já existentes, fazendo com que exista uma relação mais aceitável do custo-benefício (CHU, 2003). Além disso, cada caso requer um estudo antecipado para avaliar o contaminante, as características do ambiente, custo e o tempo que se deseja recuperar o solo, para assim, utilizar o método mais apropriado para cada situação.

Dentre os processos de remediação de solo mais utilizados, o segundo mais viável economicamente é a lavagem do solo ou *soil washing* realizado *ex situ* (SANCHES, 2009). Esse processo realiza a separação dos contaminantes presentes no solo por meio da lavagem do mesmo com algum fluido, através da aplicação de energia mecânica (pressão). Este método é utilizado juntamente com outras tecnologias para completar a remediação do local, pois a mesma não desintoxica ou altera significativamente os contaminantes, mas transfere-os para fora do solo ou para o fluido de lavagem. Apesar de já existirem inúmeros fluidos de lavagem sendo utilizados, há a necessidade do desenvolvimento de outros que apresentem ao mesmo tempo, uma excelente eficiência no processo de limpeza e que seja de baixo custo.

Este mapeamento tecnológico irá apresentar o cenário atual do depósito de patentes referente à utilização da glicerina bruta e purificada, dando uma maior visão sobre como essas são utilizadas pela indústria e descobrir se existe alguma aplicação desses co-produtos na remediação de áreas impactadas por atividades petrolíferas.

METODOLOGIA

Para adquirir informações, foram feitas consultas a bases de patentes *European Patent Office* (EPO) que é uma base mundial de acesso livre usualmente escolhida para varredura de tecnologias. A estratégia de busca de patentes deve ser tal que permita abranger todas as patentes focadas no assunto sem acrescer de outras que possam interferir nos resultados. Para isso foi feito um escopo combinando diversas palavras-chave e um código relacionado ao assunto, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Estratégia de busca utilizada no mapeamento tecnológico referente ao uso da glicerina

Glicerina*	Soja*	Pura*	"Óleo Residual**"	Biodiesel*	Óleo*	Remediação*	Petrol*	Solo*	Biorremediação*	Microorganism*	Diesel*	B09C1	Termo de ligação	Patentes encontradas
Glycerin*	Soybean*	Purified*	"Residual Oil**"	Biodiesel*	Oil*	Remediation*	Petrol*	Soil*	Bioremediation*	Microorganism*	Diesel*	B09C1		
X														24514
X	X													257
X		X												533
X			X											293
X				X									and	497
X					X								and	6788
X						x							and	0
X							x						and	620
X								X					and	138
X									X				and	1
X										X			and	157
X											X		and	288
X												X	and	11
Total de patentes analisadas													1233	

Fonte: Autoria própria, 2014.

As linhas amarelas da Tabela 1 indicam o conjunto de palavras-chave ou códigos selecionados para realizar a pesquisa e a linha verde indica que não existe nenhuma patente depositada sobre o assunto glicerina e remediação. O código B09C1 utilizado no estudo está relacionado com os processos de remediação de solos contaminados.

Utilizando apenas a palavra-chave glicerina, o resultado da busca apresentou um valor muito alto, logo foi necessário fazer a combinação com outras palavras-chave para direcionar a pesquisa para o tema do trabalho.

Foram analisadas 1233 patentes que abrangeram o maior número de palavras-chave e códigos. As mesmas foram importadas para o programa Vantage Point[®], onde foram tratados os dados, retirando repetições e efetuando limpeza.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vários países (França, Áustria, Alemanha, Bélgica, Reino Unido, Itália, Holanda, Finlândia e Suécia), na América do Norte (Estados Unidos) e na Ásia (Japão), passaram a investir muito na produção e viabilização comercial do biodiesel, devido à importância do cumprimento da legislação comunitária em matéria de qualidade dos combustíveis, emissões dos veículos e qualidade do ar (FERREIRA et al., 2010). Com isso a produção concomitante de glicerina também aumentou, forçando esses países a desenvolver destinos tecnológicos para esse co-produto.

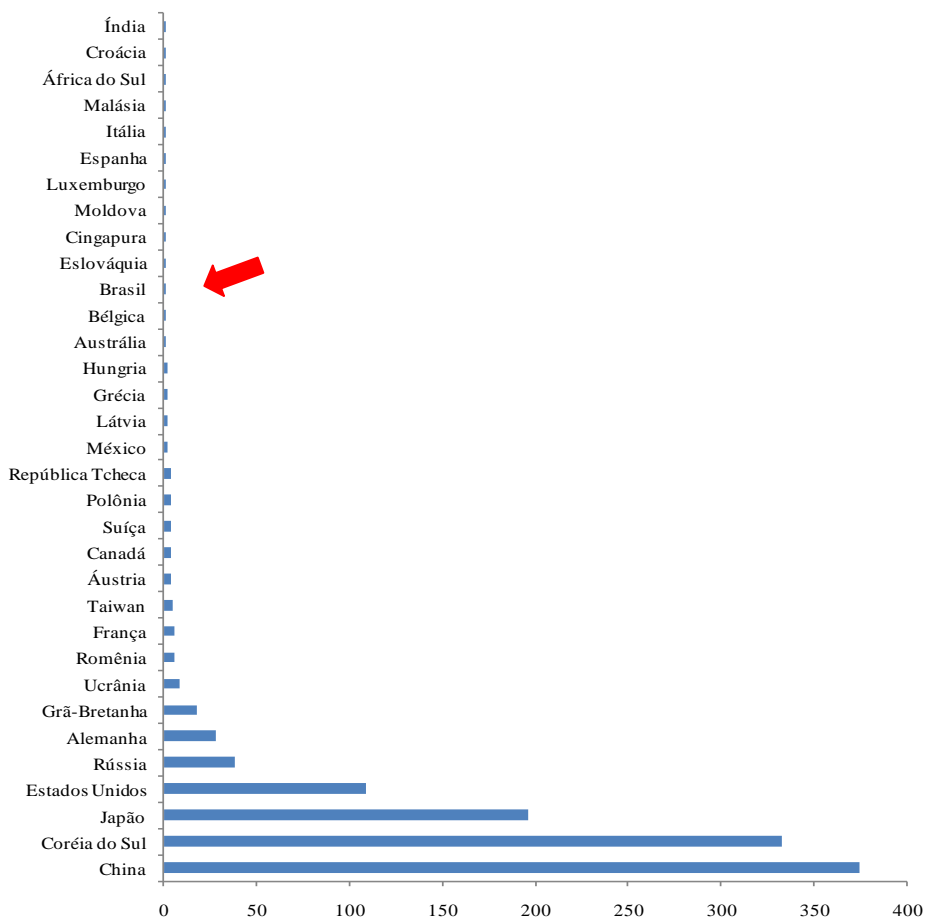
Dentre as patentes analisadas, pode-se perceber, através da Figura 1 que a China representa o país que mais desenvolve tecnologia acerca da aplicação da glicerina. Grande parte da glicerina produzida no Brasil era exportada para os Estados Unidos, mas com o aumento dos custos de transporte, a maior parte está sendo enviada à China (SALVADOR et al., 2009). Em 2009, esse país importou aproximadamente 89 mil toneladas de glicerina, ou seja, 88% do total exportado pelo Brasil, enquanto que, em 2010, o montante chega a 86%. A China, assim como a Coreia do Sul e o Japão, utiliza a glicerina para gerar energia através da queima desse co-produto e na produção de diversos produtos de higiene e medicamentos (PINHEIRO, 2011).

Os EUA, que ocupam a quarta posição entre os países que mais depositam patentes nessa área, utilizam boa parte da glicerina na produção de medicamentos, além de utilizá-la como plastificante para concreto bombeado ou como fluido para perfuração de poços de petróleo. Outra aplicação é o uso como componente energético em rações animais. A glicerina é utilizada também como aditivo em alimentos desde 1959 nos Estados Unidos, reconhecida como substância atóxica. No Brasil, a utilização da glicerina como aditivo na alimentação humana e animal é assegurada pela resolução nº 386 de 5 de Agosto de 1999 (SILVA, 2013). Uma das grandes motivações americana para o uso do biodiesel é a qualidade do meio ambiente. A capacidade de produção americana estimada é de 210 a 280 milhões de litros por ano, aumentando em paralelo a produção de glicerina. A percentagem que tem sido mais cogitada para a mistura no diesel e petróleo é a de 20% de biodiesel (B20).

A Alemanha aparece como o sexto país que mais depositou patentes utilizando a glicerina para diversos fins. Tal posição está associada ao expressivo programa de produção de biodiesel a partir da canola (colza) estabelecido por esse país, sendo hoje o maior produtor e consumidor europeu de biodiesel, com capacidade de 1 milhão de toneladas por ano. O modelo de produção na Alemanha, assim como em outros países da Europa, tem características importantes (SILVA, 2013). Nesse país, os agricultores plantam a canola para nitrogenar naturalmente os solos exauridos desse elemento e dessa planta extraem óleo, que é a principal matéria-prima para a produção do biodiesel. Depois de produzido, o biodiesel é distribuído de forma pura, isento de qualquer mistura ou aditivização. Esse país conta com uma rede de mais de 1.000 postos de venda de biodiesel (FAIRBANKS, 2009).

O Brasil (Figura 1 seta) se apresenta apenas com uma patente depositada sobre o assunto. Apesar da sua alta produção, o seu aproveitamento ainda é considerado um problema, implicando na necessidade de pesquisas em vários campos, desde os processos produtivos iniciais. Boa parte da glicerina gerada nas plantas de biodiesel no Brasil é queimada em fornos e caldeiras para geração de energia calorífica em unidades industriais, como na produção do mesmo biocombustível, além de olarias e siderúrgicas. Essa queima é uma atividade ambientalmente correta, porque o glicerol substitui a lenha e combustíveis fósseis, como óleo combustível e carvão (VASCONCELOS, 2012). A glicerina produzida no Brasil, obtida de sebo ou óleos vegetais, também é direcionada para a indústria alimentícia, cosméticos e produtos farmacêuticos, mas possui clientes na produção de fumo e na indústria de tintas.

Figura 1 - Depósito de patentes por países relacionados a utilização de glicerina nos mais variados ramos da indústria



Fonte: Autoria própria, 2014.

Na Figura 2 apresenta os resultados da evolução anual em todo o período analisado (1901-2013), já o gráfico menor apresenta em outra escala e com mais clareza os picos de depósito de patentes no período de 1970 a 2011.

Pode-se perceber claramente que até 1980 os depósitos de patentes eram quase que constantes, variando de uma a duas patentes depositadas por ano. O baixo desenvolvimento de tecnologias nessa área, está diretamente relacionado à baixa produção de biodiesel. Até 1949, todo o glicerol produzido no mundo era decorrente da indústria do sabão, também como um subproduto. Depois surgiu a glicerina sintética obtida a partir do petróleo. Após meados da década passada, quando o biodiesel começou a ser produzido em grandes volumes por vários países, houve uma explosão na produção e oferta de glicerol. Atualmente estima-se que 1,5 milhão de toneladas desse co-produto são provenientes apenas das usinas de biodiesel instaladas no planeta (VASCONCELOS, 2012).

Historicamente, o uso direto de óleos vegetais como combustível foi rapidamente superado pelo uso de óleo diesel derivado de petróleo por fatores tanto econômicos quanto técnicos. Antes da década de 50, os aspectos ambientais, que hoje privilegiam os combustíveis renováveis como o óleo vegetal, não eram considerados importantes.

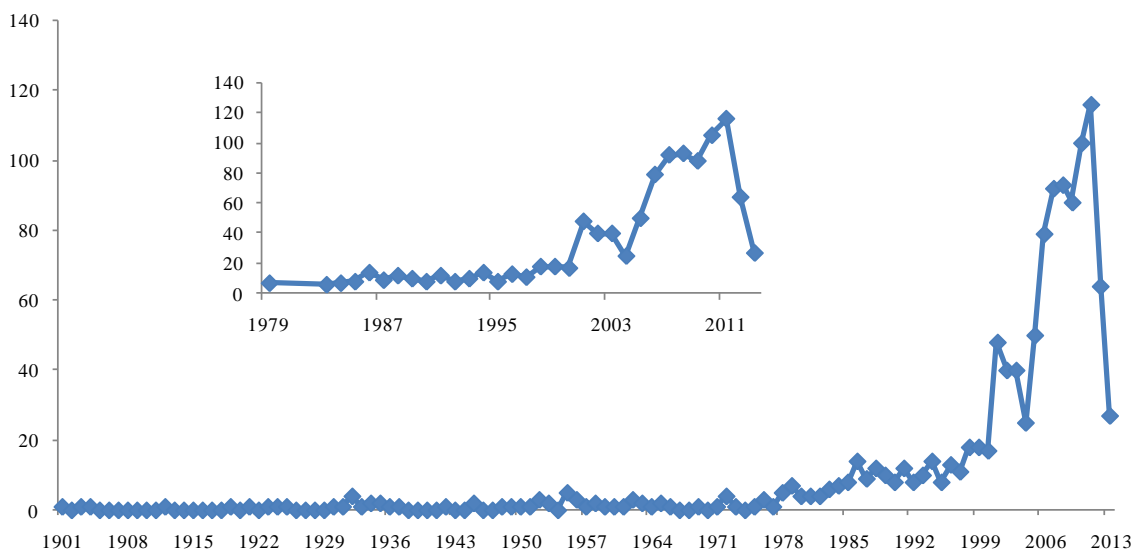
Como houve a necessidade no desenvolvimento de pesquisas com o intuito de encontrar fontes alternativas de energia, as experiências acabaram por revelar um novo combustível, chamado de biodiesel, originário de óleos vegetais e com propriedades semelhantes ao óleo diesel, que liderava

o mercado desde a década de 50. Observa-se que após o ano de 2000, ocorreu um maior desenvolvimento de tecnologia nessa área. Esse fato pode estar relacionado à busca crescente por “energia limpa e renovável”.

No Brasil, o uso extensivo de biocombustíveis começou na década de 1970, com o programa do álcool combustível (Proálcool) e, mais recentemente, incorporou-se o uso de biodiesel. Picos de crescimento referentes ao depósito de patentes após 2010 estão relacionados ao aumento acelerado na produção de biodiesel no mundo. Na União Europeia, por exemplo, foram produzidos 7,56 milhões toneladas de biodiesel em 2008, sendo que aproximadamente um quinto desse valor equivale à glicerina (PARENTE, 2003).

No Brasil, desde janeiro de 2010 o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) obriga a adição 5% de biodiesel na mistura de óleo diesel derivado do petróleo. Nesse mesmo ano ocorreu uma produção de dois bilhões e quatrocentos milhões de litros de biodiesel, ocorrendo uma formação excedente do seu principal co-produto, a glicerina (BRASIL, 2005). O resultado disso foi um aumento exorbitante da oferta nacional, já que a produção ultrapassou de 100.000 toneladas/ano de glicerina em 2008, para cerca de 250.000 toneladas/ano em 2010.

Figura 2 - Evolução anual na deposição das patentes (1901-2013)



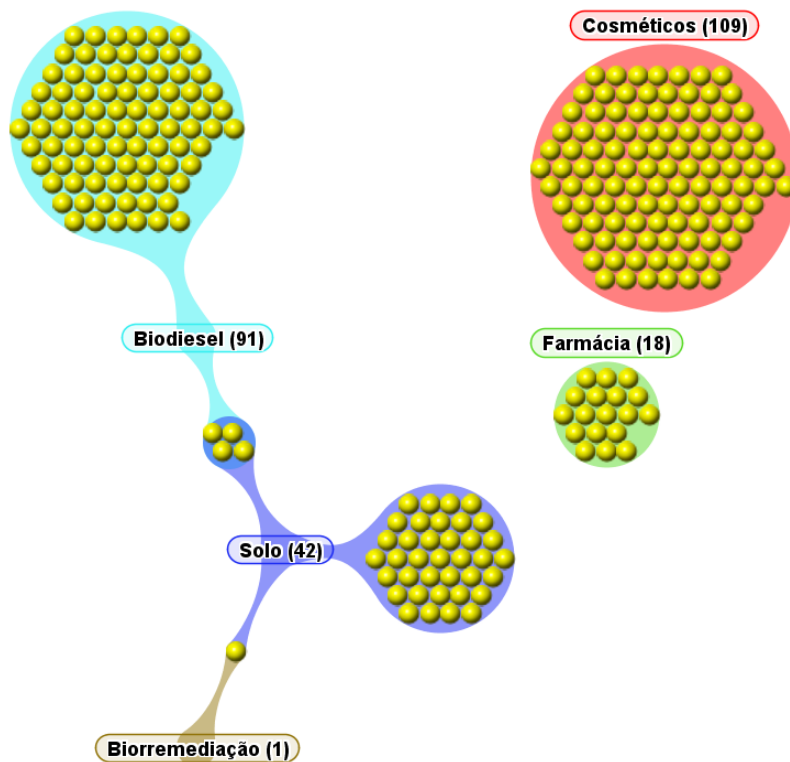
Fonte: Autoria própria, 2014.

Analisando as patentes encontradas, percebeu-se que existe apenas uma patente depositada utilizando a glicerina no processo de biorremediação, como mostra a Figura 3. Nesse documento (TW201402242) a glicerina é apresentada como uma potencial fonte de energia, auxiliando na proliferação de microorganismos capazes de remediar um solo ou água contaminada com poluentes orgânicos. Dentre as várias técnicas de aplicação da Biorremediação *in situ*, a bioestimulação é a mais imediata e simples de tratamento, envolvendo a adição de nutrientes e oxigênio necessários para acelerar o processo. Observa-se que existe uma grande quantidade de patentes depositadas acerca da produção de biodiesel. Essas patentes mostram técnicas que podem ser aplicadas para diminuir a quantidade de glicerina produzida durante a reação que dá origem ao biodiesel, aumentando o rendimento desse biocombustível.

A maioria das patentes analisadas está relacionada à produção de cosméticos em geral (hidratantes, xampus, condicionadores de cabelo, tônicos capilares, loções, protetores solares, cremes pós-sol,

géis, loções de barbear, desodorante e utensílios de maquiagem). Já a aplicação da glicerina em solos está ligada ao desenvolvimento de adubos e fertilizantes químicos, que visam suprir as deficiências em substâncias vitais à sobrevivência de vegetais, com o objetivo de melhorar a produção (BRASIL, 2005).

Figura 3 - Setores onde mais foram depositadas patentes utilizando a glicerina como matéria-prima



Fonte: Autoria própria, 2014.

CONCLUSÕES

A falta de estudos para verificar a viabilidade técnica e econômica da utilização da glicerina na remediação de solos impactados por atividades petrolíferas mostra a necessidade do desenvolvimento de pesquisas nessa área. Para a utilização desse co-produto as propriedades físicas e químicas do solo e do fluido de lavagem devem ser avaliados. Para esse novo campo de pesquisa, a glicerina poderia ser utilizada em processos de remediação *ex situ* conhecido por *soil washing* em solos contaminados por poluentes orgânicos, pois apresenta diversas características que favorecem a sua utilização para essa finalidade.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, A. L. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 260-258, 2008.

ADEKA CORP (Japão). Koike Seiji; Shibasaki Junji; Yoshioka Emi. Decomposition accelerator for volatile organic halogen compound. TW201402242, 18 de abril de 2012.

ALBA, K. D. **Uma alternativa para a glicerina oriunda da produção do biodiesel: preparo de polióis e aplicação em adesivos poliuretânicos**. 2009. 105f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

BRAGA, C. F. G. V.; BRAGA, L. V. Desafios da energia no Brasil: panorama regulatório da produção e comercialização do biodiesel. Energy challenges in Brazil: regulatory overview of the production and marketing of biodiesel. Cadernos EBAPE. BR. FGV. 12p. 2012.

BRASIL. Lei 11.097 de 13/01/2005 dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20042006/2005/Lei/L11097.htm. Acessado em 26/06/2014.

CHIARANDA, H. S. **Alterações Biogeoquímicas em Águas Subterrâneas Impactadas por Biodiesel de Soja e Misturas de Diesel/Biodiesel (B20)**. 2011. 221f. Tese (Engenharia ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

CHU, W. **Remediation of Contaminated Soils by Surfactant** – Aided Soil Washing. 6 p. 2003.

CRESTANA, S. **Matérias-primas para a produção do biodiesel: priorizando alternativas**. São Paulo: Embrapa. Agosto de 2005.

DOWD, M. K. **Composition Characterization of Cottonseed Soapstocks**. 9 p. 1996.

FAIRBANKS, M. Glicerina: Crescimento do biodiesel provoca inundação no mercado de glicerina, incentivando a descobrir novas aplicações. **Revista Química e Derivados**, n. 487, 2009.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de Soja – Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p.19-25, 2005.

FERREIRA, S. L.; SANTOS, A. M.; SOUZA, G. R.; POLITO, W. L.; MÓDOLO, D. L. Análise por cromatografia gasosa de BTEX nas emissões de motor de combustão interna alimentado com diesel e mistura diesel-biodiesel (B10). **Química Nova**, v. 31, n. 3, p. 539-545, 2008.

GHISELLI, G. **Remediação de Solos Contaminados com Pesticidas Organoclorados Utilizando Reagente de Fentron**. Dissertação. Universidade Estadual de Campinas. 2001.

GOES, T.; ARAÚJO, M.; MARRA, R. Biodiesel e sua Sustentabilidade. EMBRAPA, 2009, 19p.

HOCEVAR, L. Biocombustível de óleos e gorduras residuais – a realidade do sonho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEOGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL. 2. Universidade Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Varginha. Lavras, MG, 2005.

JOHNSON, D. T.; TACONI, K. A. The Glycerin Glut: Options for the Value-Added Conversion of Crude Glycerol Resulting from Biodiesel Production. **Environmental Progress**, v. 26, n. 4, 2007.

MELO, E. G. V. **Avaliação da glicerina bruta na estimulação de bactérias hidrocarbonoclasticas para remediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos**. 2011. 68f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2011.

Landson Soares MARQUES et al. Mapeamento tecnológico da utilização da glicerina coproduto da produção do biodiesel na remediação de áreas impactadas por atividades petrolíferas

MEYER, D. D. **Avaliação da biodegradabilidade de misturas de diesel e biodiesel (B0, B20 e b100) em dois solos com diferentes granulometrias.** 2011. 161f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

OSAKI, M.; BATALHA, M. O. Biodiesel and vegetable oil production in Brazil: reality and challenge. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 13, n. 2, p. 227-242, 2011.

PARENTE, E. J. S. Biodiesel: Uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza: Unigráfica, 2003.

PINHEIRO, R. S. **Processos de inovação tecnológica para a glicerina produzida no processo de obtenção de biodiesel no Brasil.** 2011. 97f. Dissertação. Universidade Federal de São Carlos, 2011.

QUINTELLA, C. M.; TEIXEIRA, L. S. G.; KORN, M. G. A.; NETO, P. R. C.; TORRES, E. A.; CASTRO, M. P.; JESUS, C. A. C. Cadeia do biodiesel da bancada à indústria: uma visão geral com prospecção de tarefas e oportunidades para P&D&I. **Quim. Nova**, v. 32, n. 3, p. 793-808, 2009.

SALVADOR, A. A.; RIBAS, C.; MASO, L.; PALHAREZ, S. **Biodiesel: aspectos gerais e produção enzimática.** Universidade Federal de Santa Catarina. 27f. 2009.

SANCHES, V. L. **Remediação de Solos da Formação São Paulo Contaminados por Vapores de Gasolina.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - USP Escola Politécnica. São Paulo, SP, 2009.

SCHAEFER, A.; VICTOR, D. G. Global Passenger Travel: implications for carbon dioxide emissions. **Energy**, n. 24p. 657-679, 1998.

SELL, A. D. Contaminação de Solos e Águas Subterrâneas. UFPR – TC – 019. Publicado na Web em outubro de 2006.

SILVA, D. N. **Remediação de solos impactados com poluentes orgânicos usando os reagentes de fenton.** 2007. 124f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2007.

SOUZA, J. D. F.; PAULILLO, L. F. O biodiesel brasileiro: matérias-primas, agroindústrias e a agricultura familiar. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL – SOBER. 48. 25 a 28 de julho de 2010 – Campo Grande – MS.

VASCONCELOS, Y. **Resíduos bem-vindos: Subproduto do biodiesel pode ser usado para suprimir poeira de vagões de minério.** Edição 196 - Junho de 2012.

WANG, Z. M.; LEE, J. S.; PARK, J. Y.; WU, Z. C.; YUAN, H. Novel biodiesel production technology from soybean Soapstock. **Korean Journal of Chemical Engineering**, v. 24, n. 6, p. 1027-1030. 2007.